

DEVICE AND METHOD FOR LIGHT MODULATION CHANGEOVER

Patent number: JP10054948
 Publication date: 1998-02-24
 Inventor: GREYWALL DENNIS S
 Applicant: LUCENT TECHNOL INC
 Classification:
 - international: G02B26/08
 - european:
 Application number: JP19970121996 19970513
 Priority number(s):

Also published as:

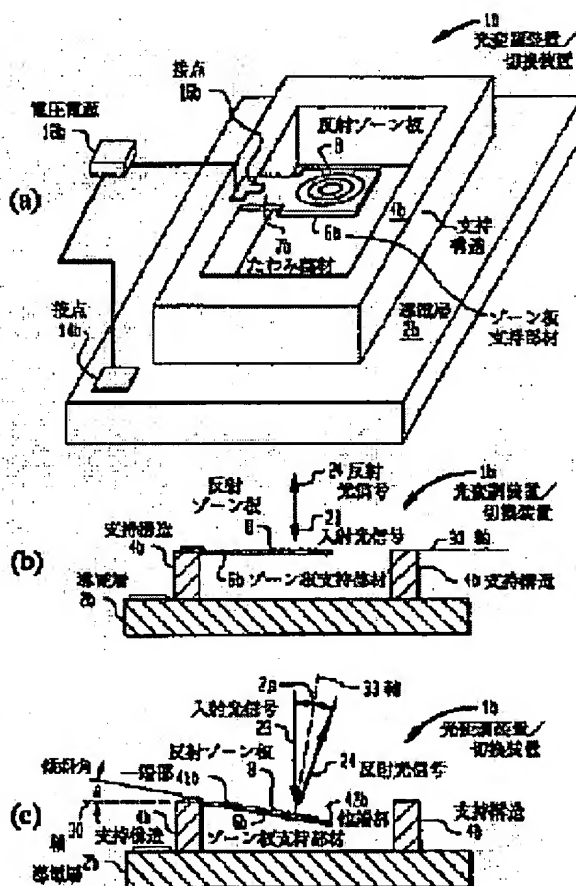
EP0807841 (A2)
 US5684631 (A1)
 EP0807841 (A3)

Report a data error here

Abstract of JP10054948

PROBLEM TO BE SOLVED: To unnecessitate a high working voltage, to reduce restriction on the material of a supporting member for reflection zone plate and to reduce restriction on the selection of the material of a device and manufacturing process.

SOLUTION: A reflected light signal 24 from a reflection zone plate 8, by which an incident light signal 23 is reflected, is focused on a light receiving waveguide member (not shown in the figure) by means of the reflection zone plate 8 defined in a zone plate supporting member 6b capable of displacement in a light modulating device/ changeover device. A controlled voltage source 18b supplies a voltage to the zone plate supporting member 6b and a layer 2b separated from the zone plate supporting member 6b apart according to a control signal. The supplied voltage generates electrostatic force for displacing the zone plate supporting member 6b toward the layer 2b. When the zone plate supporting member 6b is displaced, the orientation of the reflection zone plate 8 to the incident light signal 23 is changed. The orientation change changes the direction of path of the reflected light signal 24 from the reflection zone plate 8. By changing the amplitude of a supplied voltage, the reflected light signal 24 is turned to the direction of another light receiving waveguide member (not shown in the figure).



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

Best Available Copy

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-54948

(43)公開日 平成10年(1998) 2月24日

(51)Int.Cl.⁸

G 0 2 B 26/08

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 26/08

技術表示箇所

E

審査請求 未請求 請求項の数25 OL (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平9-121996

(22)出願日 平成9年(1997) 5月13日

(31)優先権主張番号 6 4 5 1 0 9

(32)優先日 1996年 5月13日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ
レイテッド

Lucent Technologies
Inc.

アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ
ー、マレーヒル、マウンテン アベニュー
600-700

(72)発明者 デニス エス. グレイウォール

アメリカ合衆国, 08889 ニュージャージ
ー、ホワイト ハウス ステーション, サ
ウス リランド ロード 9

(74)代理人 弁理士 三俣 弘文

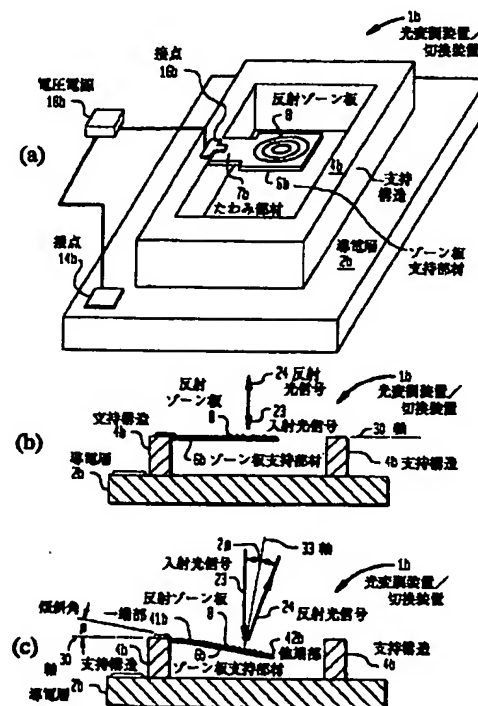
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光変調装置／切換装置及びその方法

(57)【要約】

【課題】 改良された光変調装置／切換装置並びにその方法の提供。

【解決手段】 光変調装置／切換装置 1 b の、変位可能なゾーン板支持部材 6 b 内に定義される反射ゾーン板 8 が、入射光信号 2 3 の反射ゾーン板 8 からの反射である反射光信号 2 4 を受光導波部材 (図示しない) 上で焦点合わせする。制御信号に応動して、制御された電圧電源 1 8 b が、ゾーン板支持部材 6 b とゾーン板支持部材 6 b から間隔を置いた層 2 b とに電圧を供給する。供給された電圧が、ゾーン板支持部材 6 b を層 2 b の方へ変位させる静電力を生成する。ゾーン板支持部材 6 b が変位すると、反射ゾーン板 8 への入射光信号 2 3 に対する反射ゾーン板 8 の方位が変化する。この方位変化が、反射ゾーン板 8 からの反射光信号 2 4 のパスの方向を変化させる。供給電圧の振幅を変化させることにより反射光信号 2 4 を別の受光導波部材 (図示しない) の方向へ向けることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光変調装置／切換装置であって、該装置が、

入射光信号を受信するため及び反射光信号を返すための反射ゾーン板であって、該反射光信号が該反射ゾーン板から予め定められた距離に焦点を合わされ、該反射ゾーン板が第 1 及び第 2 の状態を有すると共に、該反射ゾーン板が (i) 間隔を置き同心に設置された第 1 の複数の環状領域によって囲まれた中心に位置する円形領域であって該円形及び該環状領域の両方が第 1 の種類であるような、中心に位置する円形領域と (i i) 間隔を置いた該第 1 の種類の該環状領域の間に位置する第 2 の種類の第 2 の複数の領域とによって定義され、且つ該反射ゾーン板が第 1 又は第 2 の形状のうちのいずれかを有する、ような反射ゾーン板と、

ゾーン板支持部材であって、該ゾーン板支持部材の内部又は上面に前記反射ゾーン板が定義され、該ゾーン板支持部材が、力に応動して変位するように物理的に構成され、該ゾーン板支持部材が、前記第 1 の状態から前記第 2 の状態へ又は前記第 2 の状態から前記第 1 の状態へ状態を変化させる、ようなゾーン板支持部材と、 かなり、

前記第 1 の状態において、前記反射ゾーン板が前記入射光信号に対して第 1 の方位を有すると共に、前記反射光信号が第 1 のパスをたどり、前記第 2 の状態において、前記反射ゾーン板が前記入射信号に対して第 2 の方位を有すると共に、前記反射光信号が第 2 のパスをたどり、前記焦点合わせ位置が、前記パスのうちの少なくとも 1 個のパスに沿って存在し、

前記第 1 の構成において、前記第 1 の種類の領域が、前記反射光信号の振幅にマイナスとなる成分が前記焦点合わせ位置に到達することを防止し、前記第 2 の種類の領域が、前記反射光信号の振幅にプラスとなる成分を前記焦点合わせ位置に反射させ、前記第 2 の構成において、前記第 1 の種類の領域が、前記反射光信号の振幅にプラスとなる成分を前記焦点合わせ位置に反射させ、前記第 2 の種類の領域が、前記反射光信号の振幅にマイナスとなる成分が前記焦点合わせ位置に到達することを防止する、ことを特徴とする、光変調装置／交換装置。

【請求項 2】 前記第 1 の方位において、前記反射ゾーン板が、前記入射光信号に直角であることを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 3】 前記装置が更に、第 1 の導波部材からなり、該第 1 の導波部材が、前記入射光信号を前記反射ゾーン板に送達し、前記第 1 の状態において、該第 1 の導波部材が、前記反射光信号と光通信状態にあり、前記第 2 の状態において、該第 1 の導波部材が、前記反射光信号と光通信状態にない、ことを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 4】 前記装置が更に、第 1 及び第 2 の導波部

材からなり、該第 1 の導波部材が、前記入射光信号を前記反射ゾーン板に送達し、前記第 1 の状態において、該第 2 の導波部材が、前記反射光信号と光通信状態にあり、前記第 2 の状態において、該第 2 の導波部材が、前記反射光信号と光通信状態にない、ことを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 5】 前記装置が更に、第 1、第 2 及び第 3 の導波部材からなり、該第 1 の導波部材が、前記入射光信号を前記反射ゾーン板に送達し、前記第 1 の状態において該第 2 の導波部材が、前記反射光信号と光通信状態にあり、前記第 2 の状態において該第 3 の導波部材が、前記反射光信号と光通信状態にある、ことを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 6】 前記反射ゾーン板と前記焦点合わせ位置との間の前記距離が、前記入射光信号の波長の約 100 倍から 500 倍の範囲内にある、ことを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 7】 前記反射光信号の振幅にマイナスとなる成分が前記焦点合わせ位置に到達することを防止する前記領域が、マイナスとなる成分を反射しないことを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 8】 前記反射光信号の振幅にマイナスとなる成分が前記焦点合わせ位置に到達することを防止する前記領域が、前記光反射信号の位相を約 180 度変える、ことを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 9】 前記装置が更に、前記ゾーン板支持部材から間隔を置いた導電層と、前記ゾーン板支持部材及び該導電層に電氣的に接続される制御された電源部と、からなることを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 10】 前記装置が更に、前記合焦位置に位置する第 1 の端部を有する導波部材からなることを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 11】 前記ゾーン板支持部材が可撓性を有し、且つ 2 点支持梁構成を有することを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 12】 前記装置が更に、前記ゾーン板支持部材から間隔を置いた導電層と、前記ゾーン板支持部材及び該導電層に電氣的に接続される制御された電圧電源部と、からなることを特徴とする請求項 11 の装置。

【請求項 13】 前記装置が更に、前記焦点合わせ位置に位置する第 1 の端部を有する導波部材からなることを特徴とする請求項 12 の装置。

【請求項 14】 前記ゾーン板支持部材が片持ち梁構成を有することを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 15】 前記装置が更に、前記ゾーン板支持部材から間隔を置いた導電層と、前記ゾーン板支持部材及び該導電層に電氣的に接続される制御された電圧電源部と、からなることを特徴とする請求項 14 の装置。

【請求項 16】 前記装置が更に、前記合焦位置に位置する第 1 の端部を有する導波部材からなることを特徴と

する請求項 15 の装置。

【請求項 17】 前記ゾーン板支持部材がねじ振れ構成を有することを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 18】 前記装置が更に、前記ゾーン板支持部材から間隔を置いた導電層と、前記ゾーン板支持部材及び該導電層に電氣的に接続される制御された電圧電源部と、からなることを特徴とする請求項 17 の装置。

【請求項 19】 前記装置が更に、前記合焦位置に位置する第 1 の端部を有する導波部材からなることを特徴とする請求項 18 の装置。

【請求項 20】 前記第 1 及び第 2 の複数の領域の各領域が更に、1 つの領域内の各区分の高さがその領域内の隣接する区分に対して同じ量だけ異なるような区分からなることを特徴とする請求項 1 の装置。

【請求項 21】 光信号変調方法であって、該方法が、反射ゾーン板の、該光信号に対する方位を、制御信号に応動して第 1 の方位と第 2 の方位との間で変化させるステップと、前記光信号を前記反射ゾーン板から反射させるステップであって、前記反射ゾーン板の方位の変化が、第 1 の方位においては前記光信号が予め定められた位置へ反射され第 2 の方位においては前記光信号が予め定められた位置へ反射されないように前記反射ゾーン板から反射された前記光信号のパスを変化させ、該光パスの制御された変化が前記光信号の変調をもたらすような、反射させるステップと、からなることを特徴とする、光信号変調方法。

【請求項 22】 前記第 1 の方位と第 2 の方位との間で変化させるステップが更に、制御信号に応動して静電力を生成するステップであって該静電力が前記反射ゾーン板の方位を変えさせる静電力であるような、静電力を生成するステップからなることを特徴とする請求項 21 の方法。

【請求項 23】 光信号切り換え方法であって、該方法が、制御信号に応動して、反射ゾーン板を該光信号に対して変位させるステップであって、その変位の結果、該反射ゾーン板が少なくとも第 1 の方位及び第 2 の方位を取るような、反射ゾーン板を変位させるステップと、前記反射ゾーン板が前記第 1 の方位にあるときには前記光信号を前記反射ゾーン板から第 1 の導波部材へ反射させ、前記反射ゾーン板が前記第 2 の方位にあるときには前記光信号を前記反射ゾーン板から第 2 の導波部材へ反射させるステップと、からなることを特徴とする、光信号切り換え方法。

【請求項 24】 前記変位させるステップが更に、該反射ゾーン板が第 3 の方位を取る結果をもたらす、前記反射させるステップが更に、前記反射ゾーン板が該第 3 の方位にあるときには前記光信号を前記反射ゾーン板から第 3 の導波部材へ反射させるステップからなる、ことを

特徴とする請求項 23 の方法。

【請求項 25】 前記変位させるステップが更に、制御信号に応動して静電力を生成するステップであって該静電力が前記反射ゾーン板を変位させる静電力であるような、静電力を生成するステップからなることを特徴とする請求項 23 の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光変調装置／切換装置に関し、詳しくは光信号を変調するための又は光切換装置（光スイッチ）を機能させるための焦点合わせ装置を用いる微細機械加工（マイクロマシン加工）した装置に関する。

【0002】

【従来の技術】費用のかからない光変調装置及び光切換装置の開発を求める要求が増大しつつあり、光変調装置についての構造が多数提案されて来た。それらの提案は大抵、少なくとも一方を移動（位置変化、又は簡単に、変位）可能にした 2 層の部材によって定義される可変の空気間隙（エアギャップ）を利用している。2 層のうちの一方の層を変位させてエアギャップを変化させると、装置の光特性、一般には反射率が変化する。

【0003】したがって、変調装置は、或る状態において入射光信号に対して高反射率を有し、別の状態においては入射光信号に対して低反射率を有する。この反射率の差を用いて光信号が変調される。このような変調装置は通常、上記の 2 層にかけて電圧を供給して静電的な力（静電力）を生成し、これによって可動層を他方の層の方へ変位させる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記の構造を有する変調装置には多くの欠点がある。例えば、電圧をかけた「電圧オン」状態と電圧をかけない「電圧オフ」状態との間で光特性を最大限変化させるために特定の距離だけ可動層を変位させるためには特定の電圧（例えば 37.4 V）を要する。変調装置が老化するにつれて、この特定の電圧値は変化する。駆動電圧を適切に調整できないと、変調装置の性能が劣化する。

【0005】更に、装置の基盤をなす光学原理によって、上記の層についての厚さ又はその他の特性に制約が生じる。そして、このような制約によって、材料の選択や複雑な製造が制限されることになる。又このような変調装置は一般に、1 本の光ファイバでしか用いらず、これらの装置の潜在的な有用性を制限することになる。

【0006】すなわち、従来技術のこれらの欠点を避けた光変調装置が求められている。

【0007】

【課題を解決するための手段】課題を解決するための本発明は、入射光信号を反射させるための反射ゾーン板からなる光変調装置／切換装置である。本光変調装置／切

換装置は更に、この反射ゾーン板を当初の方位、一般には入射光信号に直角な方位から少なくとも1個の別の方位へ回転又は傾斜（変位）させるための手段からなる。

【0008】反射ゾーン板はレンズとして機能し、入射光信号を受光して反射された光信号（反射光信号）の焦点を合わせる、すなわち光信号を合焦させる。反射ゾーン板は、反射に対して破壊的（すなわち有害な）干渉をもたらす、光信号寄与分（光信号成分、又は簡単に、成分）、の位相を変化させ又は除去する。結果として得られる反射光信号は、もし光信号が鏡又は他の反射面から反射されたとした場合よりはるかに高い中心輝度を有する。

【0009】反射ゾーン板をその当初の方位から傾斜させることによって反射光信号の方向を変えることができる。本発明に基づく変調装置／切換装置の一実施例においては、制御された電圧電源からの電圧信号に応動して反射ゾーン板が、変調装置／切換装置が静止すなわち休止状態にある当初（第1）の方位と第2の方位（変調装置／切換装置が偏倚（バイアス）状態にある）との間で、迅速に傾斜する。

【0010】休止状態においては、反射光信号が導波部材と光通信状態にあり、偏倚状態においては、反射光信号のパスが、光信号がもはや導波部材と光通信状態ではなくなるように変更される。この手法では、休止状態と偏倚状態との間のコントラストが非常に高い状態で光信号を変調できる。

【0011】その上、本発明に基づく変調装置／切換装置は、2つの状態間のコントラストを最大にするために特定の電圧ををかけて作動させる必要がない。むしろ、電圧が、偏倚状態において光信号が導波部材によって捉えられない事態を確保するのに十分なだけ反射ゾーン板を傾斜させることができる電圧である限り、最大コントラストが得られる。更に、推奨実施例においては光信号が反射率の高い被覆面から反射されるので、反射ゾーン板に対する適切な支持部材材料に関しての制限は比較的少ない。

【0012】他の実施例においては、各々の方位がそれぞれ異なる反射光信号パスをもたらすような複数の方位に傾斜させることができる。各方位において、反射ゾーン板は、それぞれ異なる導波部材と光通信状態にある。したがって、制御された電圧電源からの電圧信号に応動して、入射光信号を複数の導波部材のいずれにも切り換えることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】図1（a）及び（b）は、本発明に基づく光変調装置／切換装置1の平面図及び側面図をそれぞれ示す単純化した略図である。光変調装置／切換装置1は、ゾーン板支持部材6の内部又は上面に定義される反射ゾーン板8からなる。ゾーン板支持部材6は、支持手段4に機械的に接続される。

【0014】光変調装置／切換装置1は更に、反射ゾーン板8を回転させ又は軸30から離れる方向に傾斜させるための変位手段18からなる。本明細書において後に述べる光変調装置／切換装置1の個々の実施例に依っては、反射ゾーン板8は、軸30の周りに符号31の方向に回転させ、又は符号32の方向に軸30から離れるように傾斜させることができる。支持手段4及び変位手段18については、光変調装置／切換装置のいくつかの推奨実施例に関連して後に更に述べる。

【0015】反射ゾーン板8は、レンズと全く同様の仕方で機能し、入射光信号を合焦させる。反射ゾーン板8は、合焦を次の動作で行う。すなわち、もし反射ゾーン板8がないと、鏡から反射された光の振幅は、光ビームの発散のため、鏡からの総距離と共に減少する。もし鏡が一連の同心環又はゾーンに分割されている場合、反射光の振幅は単に、各ゾーンからの成分の合計である。

【0016】各ゾーンからの光が進む全距離は僅かに異なるため、各成分は検出点には異なる位相で到着する。このことから干渉効果が生じる。有害な干渉をもたらすこれらのゾーンを除去すれば、反射ゾーン板を用いることによって、与えられた距離だけ反射ゾーン板から離れた位置、すなわち「焦点」、における合計振幅を大いに強化することができる。一実施例においてはこの有害な成分が、図2に示すような適切に間隔を置いた一連の非反射環を構築することによって除去される。

【0017】図2に示す反射ゾーン板8aは、間隔を置き同心に設置された4個の非反射領域10によって定義される。反射領域11は、これら非反射領域10の間に設置される。反射領域11は、検出装置の位置に正味の建設的干渉状態が得られるように設置される。

【0018】尚、すぐ判るように、本発明に用いられる反射ゾーン板の構成は、反射される光信号の波長、光信号を送達する導波部材からの反射ゾーン板の距離、及び反射光信号を受信する導波部材、検出器等と反射ゾーン板との距離と共に変わる。したがって、他の実施例においては、反射ゾーン板は、上述の因子の関数としての4個よりも多いか少ない個数の非反射領域10からなる。反射ゾーン板の他の実施例、並びに必要とされる非反射領域又はゾーンの個数及びこれら非反射領域10の半径Riの計算方法については、本明細書において後に述べる。

【0019】更に、別の一実施例においては、反射ゾーン板を図2に示すように、但し図2において反射ゾーン板の反射領域11が配置されている部分に非反射領域10を配置した形で形成することができる。これら2種類の実施例から得られる反射光信号の振幅は、180度の位相差があることを除いては類似である。変調装置／切換装置の性能からいえば位相は重要ではない、本発明に基づく光変調装置／切換装置1の動作については下で述べる。

【0020】図3(a)において、反射ゾーン板8は軸30の方向に合わせて位置され、入射光信号23に直角である。したがって、反射ゾーン板8から反射された信号(反射光信号)24は、入射光信号23と同じ光路(パス)に沿って反対の向きに送り返される。図3

(b)においては、反射ゾーン板8が軸30から角度 β だけ傾斜しているため、入射光信号23はもはや反射ゾーン板8に直角ではない。したがって、反射光信号24は、入射光信号と反射光信号との角度が 2β になるような形で反射ゾーン板8から反射される。

【0021】下で述べるように、制御信号に応動して反射ゾーン板8をこれら2個の方位の間で迅速に傾斜させることにより、この反射ゾーン板を用いて光信号を変調し又は光切換装置として機能させることができる。図4(a)~図7に、種々の導波配置を備えた光変調装置/切換装置の使用状態を示す。

【0022】図4(a)及び図4(b)に光変調装置/切換装置1が光変調装置として用いられる場合の配置100aを示す。配置100aは、光変調装置/切換装置1と、入射及び反射光信号の両方を搬送する導波部材25とからなる。本説明において、用語「導波部材」は、光ファイバ又はその他光信号の伝搬をサポートするのに適した媒体を意味する。図4(a)及び図4(b)は、反射ゾーン板8が導波部材25から間隔を置いた場合を示す。軸30は導波部材25に直角である。

【0023】図4(a)において、光変調装置/切換装置1は、反射ゾーン板8が軸30に沿って位置合わせされた、「非傾斜」又は「休止」状態にある。休止状態においては、反射ゾーン板8は導波部材25に直角である。この状態で、反射ゾーン板8は入射光信号23を受信して反射光信号24を導波部材25に返す。

【0024】図4(b)において、光変調装置/切換装置1は、反射ゾーン板8が軸30から角度 β だけ傾斜した、「傾斜」状態(「偏倚(バイアス)」状態とも称する)にある。偏倚状態においては、反射ゾーン板8は導波部材25に直角ではない。したがって偏倚状態においては、反射ゾーン板8から反射された反射光信号24は、入射光信号23から角度 2β だけ偏倚したパスを通り、導波部材25による受信はされない。

【0025】図5(a)及び図5(b)に光変調装置/切換装置1が前と同様に光変調装置として用いられる場合の配置100bを示す。配置100bは、光変調装置/切換装置1と、2個の導波部材25、26とからなる。配置100bにおいては2個の導波部材のうちの1個例えば25が、入射光信号23を反射ゾーン板8に送達し、他方の導波部材26が反射光信号24を受信する。図5(a)及び図5(b)は、反射ゾーン板8が導波部材25、26から間隔を置いた場合を示す。

【0026】導波部材25、26は、光変調装置/切換装置が図5(a)に示す休止状態にあるときに反射光信

号24が導波部材26への第1のパスに沿って進むように配置される。図5(b)に示す偏倚状態においては、反射光信号24は、第1のパスから角度 2β だけ偏向する。このような偏向により、反射光信号24の導波部材26による受信はされない。

【0027】図6(a)及び図6(b)に、光変調装置/切換装置1が光切換装置として用いられる場合の配置200aを示す。配置200aは、光変調装置/切換装置1と、3個の導波部材25、26、27とからなる。図6(a)及び図6(b)は、反射ゾーン板8がこれら3個の導波部材から間隔を置いた場合を示す。導波部材25が、入射光信号23を反射ゾーン板8に送達し、他の導波部材26又は27のうちの1個が反射光信号24を受信する。

【0028】導波部材25、26は、光変調装置/切換装置が図6(a)に示す休止状態にあるときに反射光信号24が導波部材26への第1のパスに沿って進むように配置される。図6(b)に示す偏倚状態においては、反射光信号24は、第1のパスから角度 2β だけ偏向する。このような偏向により、反射光信号24は第2のパスに進み、導波部材27によって受信される。

【0029】尚、すぐ判るように、例えば図7に示すような他の実施例においては、反射光信号24の受信用に他の導波部材を更に用いることができる。図7は配置200bを示し、この配置200bは、光変調装置/切換装置1と、入射光信号23を送達するための1個の導波部材25と、反射光信号24を受信するための導波部材26~29とからなる。

【0030】軸30に対する反射ゾーン板の傾斜角 β を変えることにより、反射光信号24のパスを変えることができる。したがって、反射ゾーン板を適切に傾斜させることにより、反射光信号24を4個の導波部材26~29のいずれに向けることも可能である。

【0031】上記のような配置を形成するための反射ゾーン板8と導波部材との間隔の置き方についての指標は本明細書において後に説明する。

【0032】光変調装置/切換装置1の特徴概要、その動作及び用法例について述べたので、次に本発明に基づく光変調装置/切換装置の3種類の実施例、及びこれら実施例の形成方法について説明する。

【0033】1つの実施例の或る要素は他の実施例の要素と構造的に同一であるが、反射ゾーン板8を除いては、個々の特定の実施例についての要素には全て、他の実施例と区別するための特定の英字をその符号に含めて付けることとする。例えば、光変調装置/切換装置1aの要素の符号には全て識別子「a」を付け、光変調装置/切換装置1bの要素の符号には全て識別子「b」を付ける。

【0034】図8に、本発明に基づく微細(ミクロ)機械的光変調装置/切換装置の第1の推奨実施例1aを斜

視図で示す。光変調装置／切換装置 1 a は、可撓性及び導電性を有するゾーン板支持部材 6 a 上に偏心して配置された反射ゾーン板 8 からなる。ゾーン板支持部材 6 a は、支持構造 4 a によって導電層 2 a の上方に懸架されている。

【0035】この推奨実施例においては、接点 1 4 a 及び 1 6 a が、導電層 2 a 上及びゾーン板支持部材 6 a 上にそれぞれ設置される。接点 1 4 a 及び 1 6 a は、制御された電圧電源 1 8 a への電氣的接続を形成する。ゾーン板支持部材 6 a は、2 点支持梁構造（又は構成）をなす。

【0036】動作に関しては、図 8 及び図 9（a）は休止状態にある光変調装置／切換装置 1 a を示し、この状態においては反射ゾーン板 8 は入射光信号 2 3 に直角である。反射光信号 2 4 は入射光信号 2 3 と同じパスに沿って逆の向きに返される。

【0037】図 9（b）は、偏倚状態にある光変調装置／切換装置 1 a の断面図である。制御信号に応動して、制御された電圧電源 1 8 a がゾーン板支持部材 6 a 及び導電層 2 a に対して電圧を掛ける。掛けられた電圧によって静電力が生成され、この静電力がゾーン板支持部材 6 a を導電層 2 a の方へ変位させる。

【0038】光変調装置／切換装置 1 a においては、ゾーン板支持部材 6 a の各端部 4 1 a、4 2 a が支持構造 4 a に取り付けられている。したがって、光変調装置／切換装置 1 a が偏倚状態にあると、ゾーン板支持部材 6 a の中点 4 0 a に近い領域ほど軸 3 0 に対する撓みがゾーン板支持部材 6 a の端部 4 1 a、4 2 a に近い領域よりも大きくなる。

【0039】反射ゾーン板 8 がゾーン板支持部材 6 a 上の偏心位置に設置されているので、反射ゾーン板 8 はゾーン板支持部材 6 a の中点 4 0 a の方向へ下向きに傾斜することになる。すなわち、反射ゾーン板 8 は当初の非偏倚方向から軸 3 0 に対して角度 β だけ変位する。このため、反射ゾーン板 8 に直角な軸 3 3 はもはや入射光信号 2 3 と方向が一致しないことになる。したがって、反射光信号 2 4 はその光源には返されない。反射光信号 2 4 のパスは、入射光信号 2 3 のパスから角度 2β だけ変位する。

【0040】光変調装置／切換装置 1 a においては、ゾーン板支持部材 6 a 及び支持構造 4 a が、本明細書で前に述べた光変調装置／切換装置 1 の支持手段 4 によって示される機能及び構造を実現する。又、制御された電圧電源 1 8 a が、ゾーン板支持部材 6 a 及び導電層 2 a の導電性並びにゾーン板支持部材 6 a の可撓性と共になって、光変調装置／切換装置 1 の変位手段 1 8 によって示される機能及び構造を実現する。

【0041】図 10（a）に、本発明に基づく微細（ミクロ）機械的光変調装置／切換装置の第 2 の推奨実施例 1 b を斜視図で示す。光変調装置／切換装置 1 b は、導

電性を有するゾーン板支持部材 6 b 上に配置された可撓性を有する反射ゾーン板 8 からなる。ゾーン板支持部材 6 b の一端部 4 1 b から延びる可撓性を有するたわみ部材 7 b が、支持構造 4 b に取り付けられる。支持構造 4 b が、たわみ部材 7 b と共になって、導電層 2 b の上方にゾーン板支持部材 6 b を懸架する。

【0042】この推奨実施例においては、接点 1 4 b 及び 1 6 b が、導電層 2 b 及びゾーン板支持部材 6 b とそれぞれ電氣的接触状態にあるように設置される。接点 1 4 b 及び 1 6 b は、制御された電圧電源 1 8 b への電氣的接続を形成する。ゾーン板支持部材 6 b は、たわみ部材 7 b と共に、片持ち梁構造（又は構成）をなす。

【0043】動作に関しては、図 10（a）及び図 10（b）は、休止状態にある光変調装置／切換装置 1 b を示し、この状態においては反射ゾーン板 8 は入射光信号 2 3 に直角である。反射光信号 2 4 は入射光信号 2 3 と同じパスに沿って逆の向きに返される。

【0044】図 10（c）は、偏倚状態にある光変調装置／切換装置 1 b の断面図である。制御信号に応動して、制御された電圧電源 1 8 b がゾーン板支持部材 6 b 及び導電層 2 b に対して電圧を掛ける。結果として生成される静電力がゾーン板支持部材 6 b を導電層 2 b の方へ変位させる。

【0045】光変調装置／切換装置 1 b の片持ち梁構成においては、ゾーン板支持部材 6 b の一端部 4 1 b が軸 3 0 に最も近い位置に留まり、ゾーン板支持部材 6 b の他端部 4 2 b は軸 3 0 から最も遠い位置へ撓む。したがって、光変調装置／切換装置 1 b が偏倚状態にあると、反射ゾーン板 8 はゾーン板支持部材 6 b の他端部 4 2 b の方向へ下向きに傾斜する。すなわち、反射ゾーン板 8 は当初の非偏倚方向から軸 3 0 に対して角度 β だけ変位する。

【0046】このため、反射ゾーン板 8 に直角な軸 3 3 はもはや入射光信号 2 3 と方向が一致しないことになる。したがって、反射光信号 2 4 はその光源には返されない。反射光信号 2 4 のパスは、入射光信号 2 3 のパスから角度 2β だけ変位する。

【0047】光変調装置／切換装置 1 b においてはゾーン板支持部材 6 b、たわみ部材 7 b、及び支持構造 4 b が、前に述べた光変調装置／切換装置 1 の支持手段 4 によって示される機能及び構造を実現する。又制御された電圧電源 1 8 b 及びたわみ部材 7 b が、ゾーン板支持部材 6 b 及び導電層 2 b の導電性と共になって、光変調装置／切換装置 1 の変位手段 1 8 によって示される機能及び構造を実現する。

【0048】図 11（a）に、本発明に基づく光変調装置／切換装置の第 3 の推奨実施例 1 c を示す。光変調装置／切換装置 1 c は、少なくとも部分的に導電性を有するゾーン板支持部材 6 c 内に配置された反射ゾーン板 8 からなる。ゾーン板支持部材 6 c の端部 4 3 c 及び 4 4

cからそれぞれ延びる振れ部材7c及び7dが、支持構造4cに取り付けられる。支持構造4cが、振れ部材7c及び7dと共に、少なくとも部分的に導電性を有する層2cの上方にゾーン板支持部材6cを懸架する。

【0049】この推奨実施例においては、接点14c及び16cが、層2c（の導電性領域）及びゾーン板支持部材6cとそれぞれ電氣的接触状態にあるように設置される。接点14c及び16cは、制御された電圧電源18cへの電氣的接続を形成する。振れ部材7c及び7dを分割線として用いて、層2c及びゾーン板支持部材6cのそれぞれ約半分だけを導電性とする必要がある。ゾーン板支持部材6cは、振れ部材7c及び7dと共に、振れ構造（又は構成）をなす。

【0050】動作に関しては、図11（a）及び図11（b）は、休止状態にある光変調装置／切換装置1cを示し、この状態においては反射ゾーン板8は入射光信号23に直角である。反射光信号24は入射光信号23と同じパスに沿って逆の向きに返される。

【0051】図11（c）は、偏倚状態にある光変調装置／切換装置1cを示す。制御信号に応動して、制御された電圧電源18cがゾーン板支持部材6c及び層2cに対して電圧を掛ける。掛けられた電圧によって静電力が生成され、この静電力がゾーン板支持部材6cの導電性領域を層2cの導電性領域の方へ変位させる。

【0052】光変調装置／切換装置1cの振れ構成においては、ゾーン板支持部材6cの一端部が層2cの方へ引かれるように、振れ部材7c及び7dによって定められる軸のまわりに回転する。したがって、光変調装置／切換装置1cが偏倚状態にあると、反射ゾーン板8は、導電性領域の位置に依って振れ部材7c及び7dの左又は右の方向へ下向きに傾斜する。すなわち、反射ゾーン板8は当初の非偏倚方向から軸30に対して角度 β だけ変位する。

【0053】このため、反射ゾーン板8に直角な軸33はもはや入射光信号23と方向が一致しないことになる。したがって、反射光信号24はその光源には返されない。反射光信号24のパスは、入射光信号23のパスから角度 2β だけ変位する。

【0054】光変調装置／切換装置1cにおいては、ゾーン板支持部材6c、振れ部材7c、7d、及び支持構造4cが、本明細書において前に述べた光変調装置／切換装置1の支持手段4によって示される機能及び構造を実現する。又、制御された電圧電源18c及び振れ部材7c、7dが、ゾーン板支持部材6c及び層2cの導電性領域と共に、光変調装置／切換装置1の変位手段18によって示される機能及び構造を実現する。

【0055】上に述べた光変調装置／切換装置の種々の実施例は、前に説明した配置100a、100b、200a、及び200bのいずれにも用いることができる。

本発明に基づく光変調装置／切換装置を形成するためには、当業者に周知の平面及び立体マイクロ機械加工手法が使用可能である。

【0056】尚又、当業者には、導電性又は部分的に導電性であるとされるゾーン板支持部材6及び導電層2のような要素は、本質的に導電性を有するものであっても、或いは適切な導電性を有する材料を蒸着させることにより又は場合によっては適切な元素を用いてドーピングを行うことにより導電性を持たせものであってもよいことが理解できよう。次に、本発明に利用される反射ゾーン板8について更に詳しく説明する。

【0057】前に述べたように、本発明に利用される反射ゾーン板8は、図2に示すように構成することができる。図2は、間隔を置き同心に設置された円形の非反射領域10と、それらの間に位置する円形の反射領域11とによって定義される反射ゾーン板8aを示す。これらの非反射領域及び反射領域を形成する方法は多数あり、当業者には明らかである。

【0058】例えば、非反射領域10については、これらの領域を透明にして、光がこれらの領域を通過してその下に位置する層に吸収されるようにすることも、又はこれらの領域を黒色にすることもできる。反射領域は、これらに設定すべき適切な領域11において、反射ゾーン板8aの平滑な表面をアルミ又は金のような反射性の高い物質でコーティングすることによって形成できる。

【0059】これらの非反射領域及び反射領域を形成する際にゾーン支持部材6に物質を配置する適切な方法、すなわち写真平板、印刷、種々の蒸着技術からいずれを選択するかは、当業者の能力で決めればよい。非反射領域及び反射領域の他の実施例並びに領域形成方法で上記以外に当業者が発想したものについても、適切なならば使用できる。

【0060】反射ゾーン板8aを用いた本発明に基づく光変調装置／切換装置においては、入射光信号の半分が非反射領域10において失われる。光信号のうちの「位相の外れた」成分のパス長さを波長の $1/2$ だけ増加又は減少させることによって、これらの成分がその光信号の残りと位相の合った状態になることは、当業者には理解されよう。

【0061】図12（a）に示す反射ゾーン板の推奨実施例8bにおいて、反射ゾーン板の表面の、本来は非反射領域が設置される部分を反射性となるように適切に処理し、表面が反射領域11の表面よりも図中符号dで示すように波長の $1/4$ だけ高くなるように段差を付ける。このような領域から反射される光の往復パス長さは波長の $1/2$ だけ減少する。このようにして、非反射領域10が位相反転反射領域10aとなる。

【0062】反射ゾーン板8bから反射された光信号の振幅は、反射ゾーン板8aから反射された光信号の振幅の2倍である。当業者に既知の表面又は立体マイクロ機械

加工手法を用いることにより、表面高さに $\lambda/4$ の段差が付くように段階を形成することが可能である。

【0063】本発明に基づく光変調装置／切換装置の種々の要素についての材料選択に対する制約は、一般の変調装置の場合よりも一般に少ない。望む領域、例えば反射、非反射及び位相反転の領域に適する材料には、ポリシリコン、酸化インジウムスズ（ITO）をコーティングしたガラス、窒化珪素、金属膜、及びプラスチックが含まれ、選択に制約はない。

【0064】図12（b）において、反射ゾーン板8a（図2）又は8b（図12（a））の中心を通る軸50上に光源があると仮定すると、与えられたゾーンの内縁46に入射する光のパス長さ P_1 は、そのゾーンの外縁47に入射する光のパス長さ P_2 よりも短い。このパス長さの差が位相のずれを発生させ、これによって有害な干渉が生じる。

【0065】図12（c）に示す反射ゾーン板の別の推奨実施例8cにおいて、各領域の表面は、その領域の半径が増加するにつれてより上方の段階へ上がるように段差が付けられている。無限の個数の段差、すなわち滑らかな昇り面にすれば最良の性能が得られるが、そのような面を形成することは困難である。

【0066】段差のない平坦な表面に比べれば、2段階からなるゾーン板でも性能がかなり改善されるが、多分、2段階の対で構成される各ゾーンを少なくとも4段階の段差構成に置き換えるのがよい。4段階のゾーン板においては、段差の高さは一般に、0、 $(1/8)\lambda$ 、 $(1/4)\lambda$ 、 $(3/8)\lambda$ となる。個数b個の段階を有するゾーン板においては、段差の高さは $\lambda/(2b)$ となる。但し第1の段階を常に0とする。

【0067】反射ゾーン板8のゾーン半径は次のようにして定められる。ガウスビームのソース（発射源）S、すなわち光信号を送達する導波部材の端部、が反射ゾーン板から d_s の距離にあり、検出点Pすなわち反射光信号を受信する導波部材の端部が反射ゾーン板から d_p の距離にあるものと仮定する。S及びPは両方共反射ゾーン板8の対称軸上に位置する。

【0068】位相反転反射ゾーン板8bのような2段階のレベルを有する反射ゾーン板を含む、反射ゾーン板8aのような反射ゾーン板8については、ゾーン半径は次の関係式によって定められる。

$$[1] \quad (R_m^2/2R) + r - d_p = m\lambda/2$$

ここに、 $r = (R_m^2 + d_p^2)^{0.5}$ 、mは整数、RはソースSから距離 d_s だけ離れた同位相波面の曲率半径である。 d_s が λ に比較して大きい場合には、 $R \approx d_s$ である。

【0069】第1のゾーンは反射ゾーン板8bの中心から R_1 まで延び第2のゾーンは R_1 から R_2 まで延び、以下同様である。式[1]の解を[表1]に示す。ゾーン半径 R_m は、 λ （入射光信号の波長）に関して示される。[表1]は $d_s = d_p$ の条件に基づく。

【0070】言い換えれば、入射光信号を送達する導波部材と反射光信号を受信する導波部材とは反射ゾーン板から同じ距離にある。ゾーン半径 R_m は、 d_s 及びmの関数として表される。すなわち、或る特定のゾーンmについての R_m/λ が、 d_s/λ の種々の値、例えば100、200、...500において与えられる。

【0071】

【表1】

表1
2段階反射ゾーン板についてのゾーン半径 R_m

| R_m/λ | | | | | |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| m | $d_s/\lambda = 100$ | $d_s/\lambda = 200$ | $d_s/\lambda = 300$ | $d_s/\lambda = 400$ | $d_s/\lambda = 500$ |
| 1 | 7.38 | 10.11 | 12.31 | 14.18 | 15.84 |
| 2 | 10.44 | 14.31 | 17.41 | 20.06 | 22.40 |
| 3 | **12.79** | 17.53 | 21.33 | 24.57 | 27.44 |
| 4 | | 20.24 | 24.63 | 28.37 | 31.69 |
| 5 | | 22.64 | 27.54 | 31.73 | 35.43 |
| 6 | | **24.80** | 30.17 | 34.76 | 38.81 |
| 7 | | | 32.60 | 37.54 | 41.93 |
| 8 | | | 34.85 | 40.14 | 44.83 |
| 9 | | | **36.97** | 42.58 | 47.55 |
| 10 | | | | 44.89 | 50.12 |
| 11 | | | | 47.08 | 52.57 |
| 12 | | | | 49.18 | 54.91 |
| 13 | | | | **51.19** | 57.16 |
| 14 | | | | | 59.32 |
| 15 | | | | | 61.41 |
| 16 | | | | | **63.43** |

【0072】光信号のエネルギーのやく99%は、光源（ソース）、すなわち光信号を送達する導波部材の端部、から或る与えられた距離における光ビームの半径の1.5倍の半径以内に包含される。したがって、ビーム半径の1.5倍を超える半径のゾーンが反射光信号の輝度に与える寄与度は無視できるほどに小さい。〔表1〕の各欄内の*印を付けた半径は、 d_s/λ の値に対する最大有効ゾーン半径すなわちビーム半径の1.5倍より小さい最大ゾーン半径を表す。例えば、もし $d_s/\lambda = 100$ の場合、3個よりも多くのゾーンは必要ない。

【0073】図12(c)に示す反射ゾーン板8cのような4段階の反射ゾーン板についての半径は次のように計算される。隣接するゾーン境界に連関する光パスは $\lambda/4$ だけの差がある。4段階の反射ゾーン板についての反射ゾーンの半径($S_{i,j}$ で表す)は次の式で与えられる。

$$[2] \quad (S_{i,j})^2 / (2R) + r - d_p = (i-1)/\lambda + (j-1)/b\lambda$$

ここに、 i はゾーン番号、 j は段階レベル、すなわち $j = 1, 2, 3, 4$ であり、 b は段階の個数、例えば本例では4である。

【0074】第1ゾーンについては、第1のレベルは余分な位相ずれがなく反射ゾーン板8cの中心から半径 $S_{1,1}$ まで延びる。第2のレベルは $\pi/2$ の位相ずれがあ

り、 $S_{1,1}$ から $S_{1,2}$ まで延びる。第3のレベルは π の位相ずれがあり、 $S_{1,2}$ から $S_{1,3}$ まで延びる。そして第4のレベルは $3\pi/2$ の位相ずれがあり、 $S_{1,3}$ から $S_{1,4}$ まで延びる。第2のゾーン（例えば $S_{2,1} \sim S_{2,4}$ ）についての配置も同様な順序での反復となる。

【0075】式〔2〕の解によって与えられる4段階の反射ゾーン板についての反射ゾーン半径 $S_{i,j}$ を〔表2〕及び〔表3〕に、入射光信号の波長 λ に関して示す。〔表2〕はゾーン番号1～5についてのゾーン半径、すなわち $S_{1,1} \sim S_{5,4}$ を示し、〔表3〕はゾーン番号6～9についてのゾーン半径を示す。〔表2〕及び〔表3〕は $d_s = d_p$ の条件に基づく。

【0076】ゾーン半径 $S_{i,j}$ は、 d_s 、 i 及び j の関数として表される。すなわち、或る特定のゾーン番号 i 及び段階 j についての $S_{i,j}/\lambda$ が、 d_s/λ の種々の値、例えば100、200、... 500において与えられる。これらの表の各欄内の*印を付けた半径は、 d_s/λ の値に対する最大有効ゾーン半径を示す。

【0077】尚、4個以外の段階レベル個数 b を有する反射ゾーン板についても、式〔2〕中の b をその段階レベル個数に等しく設定することにより、式〔2〕を用いてゾーン半径を計算できる。

【0078】

〔表2〕

表2
4段階反射ゾーン板についてのゾーン半径 $S_{i,j}$
ゾーン番号1～5

| $S_{i,j}/\lambda$ | | | | | | |
|-------------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| i | j | $d/\lambda = 100$ | $d/\lambda = 200$ | $d/\lambda = 300$ | $d/\lambda = 400$ | $d/\lambda = 500$ |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 5.22 | 7.16 | 8.71 | 10.03 | 11.20 |
| 1 | 3 | 7.38 | 10.12 | 12.31 | 14.18 | 15.84 |
| 1 | 4 | 9.04 | 12.39 | 15.08 | 17.37 | 19.40 |
| 2 | 1 | 10.44 | 14.31 | 17.42 | 20.06 | 22.41 |
| 2 | 2 | 11.67 | 16.00 | 19.47 | 22.43 | 25.05 |
| 2 | 3 | 12.79 | 17.53 | 21.33 | 24.57 | 27.44 |
| 2 | 4 | **13.82** | 18.94 | 23.04 | 26.54 | 29.64 |
| 3 | 1 | | 20.25 | 24.64 | 28.38 | 31.69 |
| 3 | 2 | | 21.48 | 26.13 | 30.10 | 33.61 |
| 3 | 3 | | 22.64 | 27.55 | 31.73 | 35.43 |
| 3 | 4 | | 23.75 | 28.89 | 33.28 | 37.16 |
| 4 | 1 | | 24.81 | 30.18 | 34.76 | 38.82 |
| 4 | 2 | | **25.82** | 31.41 | 36.18 | 40.41 |
| 4 | 3 | | | 32.60 | 37.55 | 41.93 |
| 4 | 4 | | | 33.75 | 38.87 | 43.40 |
| 5 | 1 | | | 34.85 | 40.15 | 44.83 |
| 5 | 2 | | | 35.93 | 41.38 | 46.21 |
| 5 | 3 | | | 36.97 | 42.58 | 47.55 |
| 5 | 4 | | | **37.99** | 43.75 | 48.86 |

【0079】

50 【表3】

表3
4段階反射ゾーン板についてのゾーン半径 S_{ij}
ゾーン番号6～9

| S_{ij}/λ | | | |
|------------------|---|-------------------|-------------------|
| i | j | $d/\lambda = 400$ | $d/\lambda = 500$ |
| 6 | 1 | 44.89 | 50.13 |
| 6 | 2 | 46.00 | 51.37 |
| 6 | 3 | 47.09 | 52.58 |
| 6 | 4 | 48.15 | 53.76 |
| 7 | 1 | 49.18 | 54.92 |
| 7 | 2 | 50.20 | 56.05 |
| 7 | 3 | **51.20** | 57.17 |
| 7 | 4 | | 58.26 |
| 8 | 1 | | 59.33 |
| 8 | 2 | | 60.38 |
| 8 | 3 | | 61.41 |
| 8 | 4 | | 62.43 |
| 9 | 1 | | **63.43** |
| 9 | 2 | | |
| 9 | 3 | | |
| 9 | 4 | | |

【0080】図13は、計算による4段階反射ゾーン板のガウス曲線（符号54）及び計算による2段階反射ゾーン板のガウス曲線（符号52）を示す。これらの曲線52、54は、反射光信号の相対的振幅を、光信号の中心からの相対的半径方向距離の関数として表す。

【0081】相対的振幅は、検出器（点P）すなわち受信側の導波部材の端部における反射光信号の振幅を、ソース（点S）すなわち送達側の導波部材の端部における入射光信号の振幅によって除した値として定義される。相対的半径方向距離は、点Pにおける光信号の中心からの横方向距離を、点Sにおける光信号の半径によって除した値として定義される。図13は $d_p = d_s$ 及び $d_p/\lambda = 200$ の条件に基づく。図13は中心位置において、2段階の反射ゾーン板から反射された光信号が当初の振幅の約60%の振幅を有し、信号損失が約1dBであることを示す。

【0082】反射ゾーン板8から反射された光信号は、一般に光ファイバである導波部材の開口部（アパーチャ）によって捉えられる必要がある。したがって受信側の光ファイバ端部において波長信号が適切なビーム幅すなわちスポットサイズ、を有することが重要である。スポットサイズは、ソースすなわち光信号送達側の光ファイバの端部と反射ゾーン板8との間の距離を変えることによって調整できる。

【0083】図14（a）～図14（c）は、反射光信

号の相対的振幅を、相対的半径方向距離 ρ/w_0 の関数として、いくつかの d_s/λ 値について表したものである。図14（a）～図14（c）の場合、相対的半径方向距離 ρ/w_0 は、受信側の光ファイバの中心からの半径方向距離を、送達側の光ファイバの端部における光信号の幅で除したものと定義される。図14（a）～図14（c）において、 $d_p/\lambda = 200$ である。

【0084】 $d_s/\lambda = 320$ 、 $d_s/\lambda = 250$ 、及び $d_s/\lambda = 200$ の場合の反射光信号の相対的振幅の曲線56、58、60を図14（a）、図14（b）、及び図14（c）にそれぞれ示す。図14（a）～図14（c）は、ソース側の光ファイバと反射ゾーン板8との間の距離が増加するにつれて、曲線の幅が狭くなる。したがって、ソースから反射ゾーン板への距離が大きいほど、エネルギーのより大きな部分がより小さな半径以内で捉えられる。このようにして、ソース側の導波部材と反射ゾーン板との間隔（距離）を、受信側の導波部材の開口に対して調整することができる。

【0085】100b、200a、200bのような配置においては、反射光信号（ビーム）を1個以上の導波部材へ向ける必要がある。したがって、導波部材とはゾーン板8との間隔を或る特定の値にした場合に、反射ゾーン板8をある特定の角度 β だけ傾斜させなければならない。反射ゾーン板8の傾斜は、ゾーン板支持部材6の或る特定の撓み値に対応する。ゾーン板支持部材の撓み値は、供給電圧Vによって制御される。

【0086】ゾーン板支持部材の撓みを或る特定の値にするのに必要な電圧Vは通常の実験で定めることができ、代わりに次の方法に基づいて計算することもできる。

【0087】2点支持梁構成を有するゾーン板支持部材6aの撓みを或る特定の量にするのに必要とされる電圧Vは、図15及び図16を参照して次のように計算することができる。ゾーン板支持部材6aにおける張力が大きい場合、力の方程式は次式によって与えられる。

$$【0088】 [3] \quad T(d^2Z/dx^2) = 0.5\epsilon_0 w V^2 / (t_0 + t_s/K_s + Z)^2$$

ここに、T=張力、 ϵ_0 =誘電率、w=ゾーン板支持部材の幅、V=電圧、 t_0 =偏倚がない場合のゾーン板支持部材6aと導電層2との間の空隙（ギャップ）、 t_s =ゾーン板支持部材の厚さ、 K_s =比誘電率、Z=梁の変位、そしてxはゾーン板支持部材6aの長さに沿って中点から計測した横方向の位置である。

【0089】上式の解によって、Zがx及びVの関数として与えられる。Zは次式によって近似化させることが可能である。

$$[4] \quad Z(x, V) = Z_{np}(V) \cos(\pi x/L)$$

式[4]において、 Z_{np} はゾーン板支持部材の中点における変位、そしてLはゾーン板支持部材6aの長さである。

【0090】相対的変位 Z_{ap}/t_{eff} は、 U の普遍関数であり、ここに $t_{eff} = t_0 + t_s/K_s$ 、 $U = \epsilon_0 V^2 / (\rho t_s t_{eff}^3 f_{res}^2)$ 、 $f_{res} = 1/(2L)(S/\rho)^{0.5}$ 、そして S = ゾーン板支持部材 6 a を形成する材料の応力である。

【0091】図 17 に Z_{ap}/t_{eff} を U の関数として普遍曲線で示す。この曲線から、この相対的変位が V (又は U) と共に増加し、 $U = U_c = 11.2$ において不安定になることが判る。

【0092】反射ゾーン板 8 a と 2 個の導波部材との間隔、及びこれら 2 個の導波部材の間の距離が与えられると、反射ゾーン板 8 a の傾斜角 β を幾何学を用いて定めることができる。この傾斜角とゾーン板支持部材 6 a の長さを知れば、必要な、ゾーン板支持部材 6 a の相対的変位 Z_{ap}/t_{eff} を定めることができる。図 17 を用いて相対的変位 Z_{ap}/t_{eff} から、対応する U の値を読み取ることが可能である。そして、この U の値と式 [5] とを用いて、望む傾斜角 β を得るための電圧 V を定めることができる。

【0093】片持ち梁構成を有するゾーン板支持部材 6 b については、力の方程式は次式で与えられる。

$E I (d^4 Z / d x^4) = 0.5 \epsilon_0 w V^2 / (t_0 + t_s / K_s + Z)^2$
ここに、 E は縦弾性係数 (ヤング率)、 I は慣性モーメント、他の変数は前に定義したとおりである。傾斜角及び電圧についての要件は、2 点支持梁構成について述べたのと同様の方法で定めることができる。

【0094】以上の説明は、本発明の一実施例に関するもので、この技術分野の当業者であれば、本発明の種々の変形例を考え得るが、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

【0095】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明によれば、光変調装置／切換装置において、光信号を変調する際にコントラストを非常に高くすることができるため、従来技術で要求された高い作動電圧を必要としない。光信号が反射率の高い被覆面から反射されるので、反射ゾーン板支持部材材料に関しての制限が少なく、したがって、装置の材料の選択や製造面での制約が少ない。

【0096】又、反射光信号を複数の導波部材 (光ファイバ等) に対応させることが可能なので、1 本の光ファイバにしか対応しない従来の技術と異なり、装置の潜在的な有用性を制限されることがない。反射ゾーン板に光干渉を回避する段差を設けたので、反射光信号の振幅を大幅に強化できる。したがって、光変調装置／切換装置の性能及び効率を改善することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に基づく光変調装置／切換装置の概念的略図であり、図 1 (a) にその平面図を、又図 1 (b) にその側面図をそれぞれ示す。

【図 2】反射ゾーン板の一例示実施例である。

【図 3】本発明に基づく光変調装置／切換装置の部分図である。図 3 (a) に反射ゾーン板が入射光信号に直角な軸に一致する場合を、図 3 (b) に反射ゾーン板が入射光信号に直角な軸に対して傾斜する場合をそれぞれ示す。

【図 4】本発明に基づく光変調装置／切換装置を 1 個の導波部材に関連して用い光信号を変調する場合の配置図である。図 4 (a) に光変調装置／切換装置の反射ゾーン板が入射光信号に直角な軸に一致する場合を、図 4

(b) に反射ゾーン板が入射光信号に直角な軸に対して傾斜する場合をそれぞれ示す。

【図 5】本発明に基づく光変調装置／切換装置を 2 個の導波部材に関連して用い光信号を変調する場合の配置図である。図 5 (a) に光変調装置／切換装置が休止状態にある場合を、図 5 (b) に同装置が偏倚状態にある場合をそれぞれ示す。

【図 6】本発明に基づく光変調装置／切換装置を 3 個の導波部材に関連して用い光信号を変調する場合の配置図である。図 6 (a) に光変調装置／切換装置が休止状態にある場合を、図 6 (b) に同装置が偏倚状態にある場合をそれぞれ示す。

【図 7】本発明に基づく光変調装置／切換装置を 5 個の導波部材に関連して用い光変調装置として機能させる場合の配置図である。

【図 8】本発明に基づく光変調装置／切換装置の第 1 の推奨実施例で、ゾーン板支持部材が 2 点支持梁構造として構成される場合を斜視図で示す。

【図 9】図 8 の光変調装置／切換装置の断面図である。

図 9 (a) に同装置が休止状態にある場合を、図 9 (b) に同装置が偏倚状態にある場合をそれぞれ示す。

【図 10】本発明に基づく光変調装置／切換装置の第 2 の推奨実施例として、ゾーン板支持部材が、片持ち梁構造として構成される場合の説明図である。図 10 (a) に斜視図を、図 10 (b) に図 10 (a) の光変調装置／切換装置が休止状態にある場合の断面図を、図 10 (c) に図 10 (a) の光変調装置／切換装置が偏倚状態にある場合の断面図をそれぞれ示す。

【図 11】本発明に基づく光変調装置／切換装置の第 3 の推奨実施例として、ゾーン板支持部材が、振れ構造として構成される場合の説明図である。図 11 (a) に斜視図を、図 11 (b) に図 11 (a) の光変調装置／切換装置が休止状態にある場合の断面図を、図 11 (c) に図 11 (a) の光変調装置／切換装置が偏倚状態にある場合の断面図をそれぞれ示す。本発明に基づく光変調装置／切換装置の第 3 の推奨実施例の斜視図で、ゾーン板支持部材が、ねじれ構造として構成される場合を示す。

【図 12】反射ゾーン板の推奨実施例である。図 12 (a) に第 1 の推奨実施例を、図 12 (b) に、与えられたゾーン (領域) の区分の間の光パス長さの差を表す

説明図を、図12(c)に第2の推奨実施例であをそれぞれ示す。

【図13】4段階の反射ゾーン板及び2段階の反射ゾーン板についての、反射光信号の相対的振幅を、光信号の中心からの相対的半径方向距離の関数として表す線図である。

【図14】反射光信号の相対的振幅を、光信号の中心からの半径方向の相対的距離の関数として表す線図である。図14(a)に $d_s/\lambda = 320$ の場合を、図14(b)に $d_s/\lambda = 250$ の場合を、図14(c)に $d_s/\lambda = 200$ の場合をそれぞれ示す。

【図15】2点支持梁の説明図である。

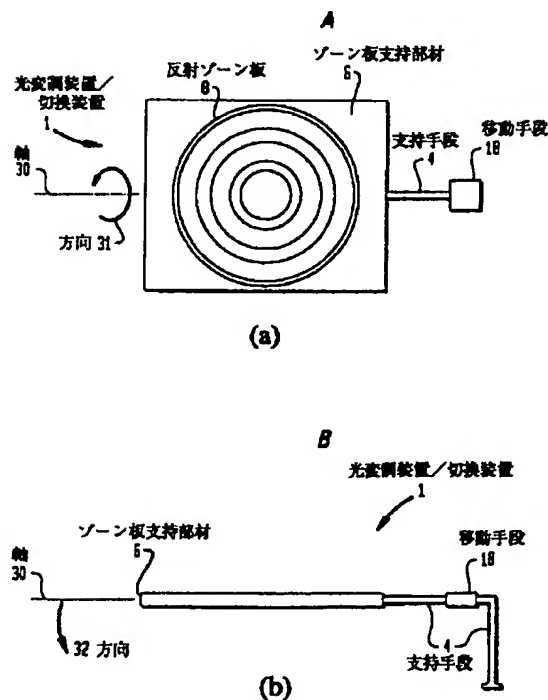
【図16】与えられた膜(ゾーン板支持部材)変位に対する駆動電圧の要件を定めるのに便利な、Uの関数としての普遍曲線 Z_{sp}/t_{eff} を示す線図である。

【符号の説明】

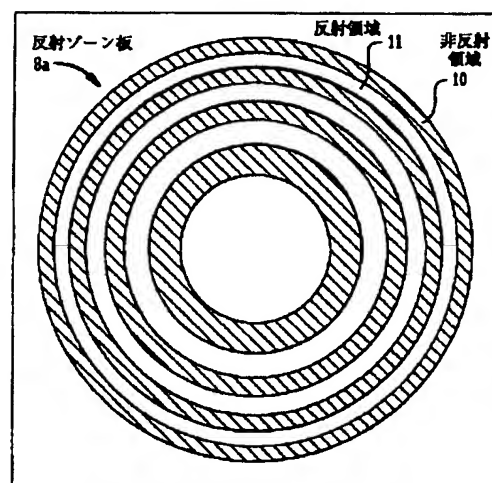
- 1、1a、1b、1c 光変調装置/切換装置
- 2a、2b 導電層
- 2c 層
- 4 支持手段
- 4a、4b、4c 支持構造
- 6、6a、6b ゾーン板支持部材
- 7b たわみ部材
- 7c、7d 振れ部材
- 8、8a、8b、8c 反射ゾーン板

- 10 非反射領域
- 10a 位相反転反射領域
- 11 反射領域
- 14a、14b、14c、16a、16b、16c 接点
- 18 変位手段
- 18a、18b、18c 電圧電源
- 23 入射光信号
- 24 光反射信号
- 25、26、27、28、29 導波部材
- 30、33、50 軸
- 31、32 方向
- 40a 中点
- 41a、42a (ゾーン板支持部材6aの) 端部
- 41b (ゾーン板支持部材6bの) 一端部
- 42b (ゾーン板支持部材6bの) 他端部
- 43c、44c (ゾーン板支持部材6cの) 端部
- 46 内縁
- 47 外縁
- 52 2段階反射ゾーン板の反射光信号の振幅曲線(ガウス曲線)
- 54 4段階反射ゾーン板のガウス曲線
- 56、58、60 反射光信号の相対的振幅の曲線
- 100a、100b、200a、200b 配置

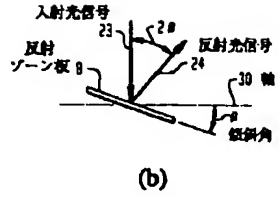
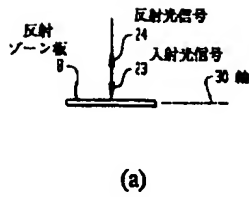
【図1】



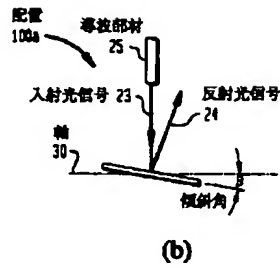
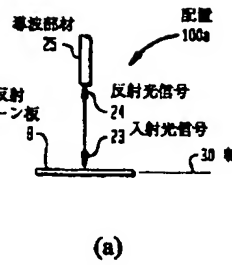
【図2】



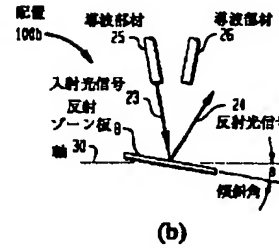
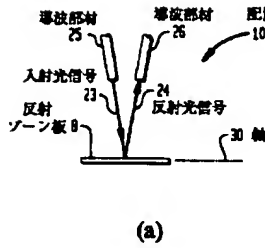
【図3】



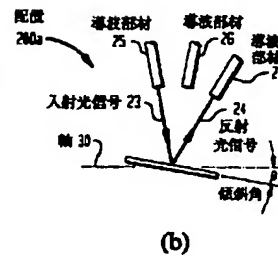
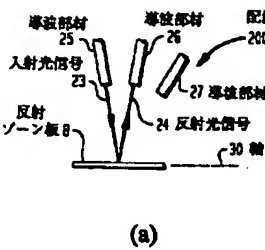
【図4】



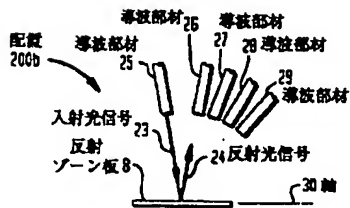
【図5】



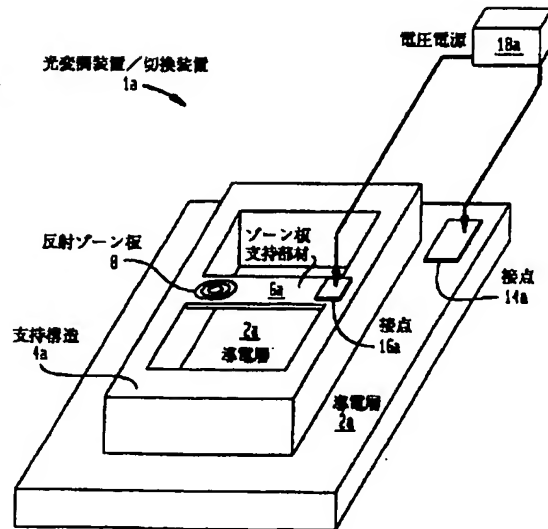
【図6】



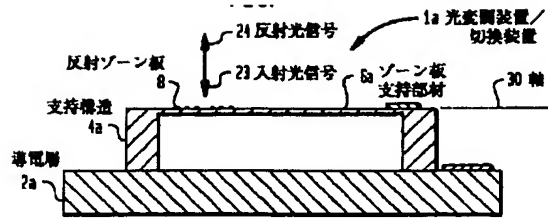
【図7】



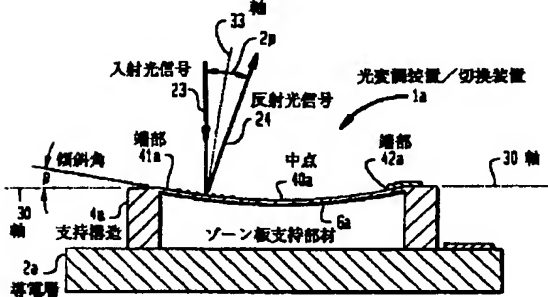
【図8】



【図9】

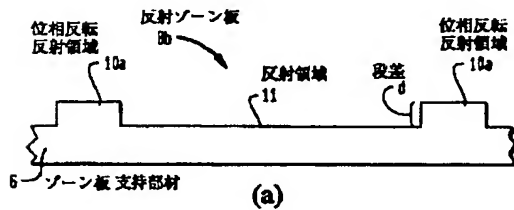


(a)

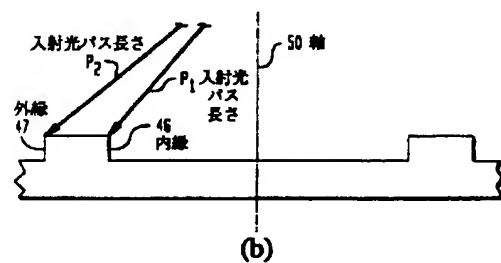


(b)

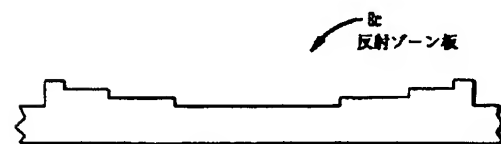
【図12】



(a)

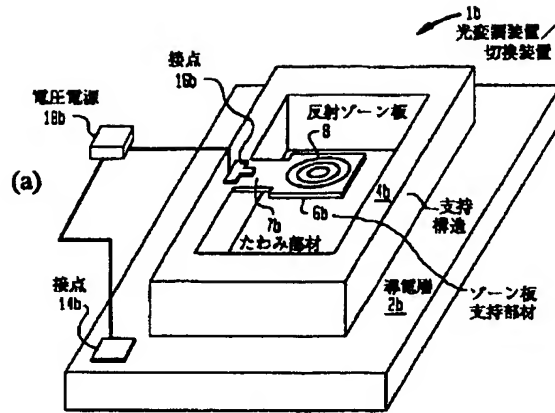


(b)

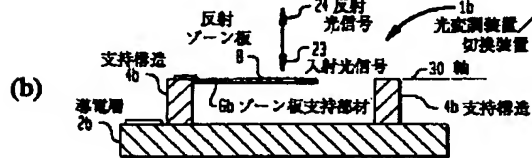


(c)

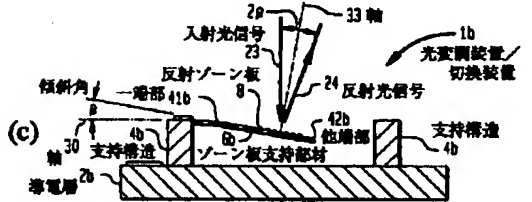
【図10】



(a)



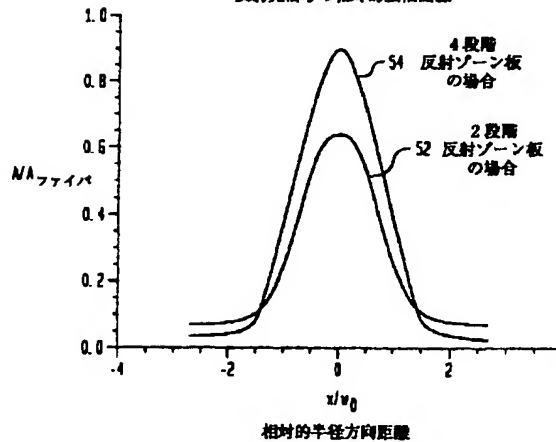
(b)



(c)

【図13】

反射光信号の相対的振幅曲線



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)